

All Pass Filter를 이용한 순시 무효전력, 유효전력 측정기법

정다움, 김선필, 황정구, 박성준
전남대학교

Instantaneous reactive power and active power measurement techniques using All Pass Filter

D.W. Jeong, S.P. Kim, J.G. Hwang, S.J. Park
Chonnam National University

ABSTRACT

지연 등화기(Delay Equalizer) 또는 위상 필터(Phase Filter)라고도 불리는 전역 통과 필터(All Pass Filter)는 주파수의 변화와 관계없이 위상만을 변화 시키는 시간 지연 장치(Time Delay Device)이다. 모든 주파수에서 진폭의 이득이 '0' 또는 일정하지만, 위상의 특성만을 개선하기 위해 사용되는 위상 필터이다. 본 논문은 이와 같은 전역 통과 필터(APF)의 특성을 이용하여 순시 유효 전력(Active Power) 및 순시 무효 전력(Reactive Power)의 측정 방법에 대하여 연구하였다. 전역 통과 필터(APF)의 좌표변환을 사용하여, 필터에서의 정보를 통한 유효 전력과 무효 전력 측정이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 검증하였다.^[1]

1. 서론

매년 가전기기 사용량이 증가함에 따라 전력 소비량이 급증하고 있다. 계절별로 냉/난방기기 사용량이 가장 많은데, 이러한 기기들을 사용하는 시간대가 주야간 시간 격차가 심하여 부하율이 급격히 저하되고 있다. 이러한 문제점으로 고유가 시대인 현 시점에서는 발전소를 건설하는 것보다, 송변전설비에서 유효 이용을 위한 부하 평준화를 목적으로 하고 있다.

부하 평준화를 위하여 전력 저장 시스템을 도입하고 있는데, 이러한 전력 저장 시스템의 주된 목적은 유효 전력을 부하에 공급하여 첨두부하를 삭감하는 것뿐만 아니라, 무효 전력 제어를 할 수 있다는 것에 있다.^[2]

본 논문에서는 출력 전압의 위상차와 크기를 제어하여, 유효 전력과 무효 전력을 제어하는 방법과, d q축을 이용하여 전류를 d 성분과 q 성분으로 변환하여, 각각 P와 Q를 제어하는 독립제어 방법을 사용하였다.^[3] 또한 저역 통과 필터(LPF)를 사용하여 순시 유효 전력과 무효 전력의 특정 고조파 성분을 걸러내어 맥동 성분을 보상 하였다.^[4]

2. 전역 통과 필터(APF)를 이용한 전력 측정

그림 1은 저역 통과 필터(Low Pass Filter)와 고역 통과 필터(High Pass Filter)의 결합을 통하여 전역 통과 필터(APF)를 나타낸 블록선도이다. 저역 통과 필터(LPF)와 고역 통과 필터(HPF)의 차를 통해 전역 통과 필터(APF)를 나타내었다.

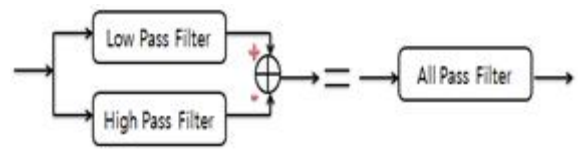


그림 1. 전역 통과 필터 블록선도
Fig. 1 All Pass Filter block diagram

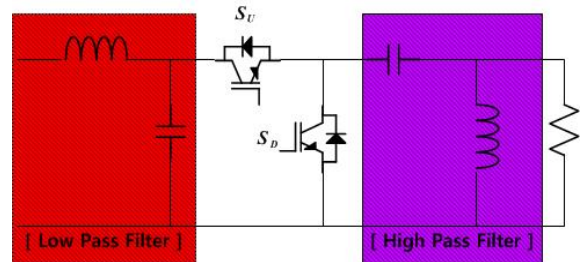


그림 2. 수동 소자 L, C를 이용한 필터 설계
Fig. 2 Passive elements L and C using filter design

그림 2는 수동 소자 L(Inductor)과 C(Capacitor)의 조합으로 저역 통과 필터(LPF)와 고역 통과 필터(HPF)를 구현하여, 최종적으로 두 필터의 결합을 통한 전역 통과 필터(APF)를 구현하였다. L은 주파수가 올라갈수록 통과를 억제하고, 반대로 C는 높은 주파수 영역에 갈수록 원활히 통과시키는 성질을 가지고 있다. 이러한 L, C의 특성을 이용하여 여러 가지 형태의 필터 구현이 가능하다.

전역 통과 필터(APF)를 디지털로 구현하여 유효 전력과 무효 전력을 다음과 같이 구할 수 있다.

먼저 최대 전압은 전반부의 저역 통과 필터(LPF)와 후반부의 고역 통과 필터(HPF), 두 필터의 전달 함수로부터 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$V_{pick} = \sqrt{(V_{ac_LPF})^2 + (V_{ac_HPF})^2} \quad [1]$$

다음으로 d q 변환을 통하여 전류를 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} i_{dq_0} &= I_{ac_0} \cos \theta + I_{ac_1} \sin \theta \\ i_{dq_1} &= I_{ac_1} \cos \theta - I_{ac_0} \sin \theta \end{aligned} \quad [2]$$

위 두 식으로부터 최종적으로 유효 전력과 무효 전력을 다음과 같이 계산되어진다.

$$Power_P = \frac{1}{2} (V_{ac_LPF} I_{ac_0} + V_{ac_HPF} I_{ac_1})$$

$$Power_Q = \frac{1}{2} (V_{ac_LPF} I_{ac_1} - V_{ac_HPF} I_{ac_0}) \quad [3]$$

3. 시뮬레이션

그림 3은 PSIM을 사용하여 수동 소자 L과 C의 조합으로 구현한 전역 통과 필터(APF)의 시뮬레이션 회로도이다. 전반부는 저역 통과 필터(LPF), 후반부는 고역 통과 필터(HPF)로 구성되어 있다. 입력 신호 및 실험에 사용된 알고리즘은 DLL 파일로 구성하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용된 파라미터 값이다.

표 1 전역 통과 필터 시뮬레이션 파라미터
Table 1 All Pass Filter Simulation Parameters

전원 전압		220[V], 60[Hz]
LPF 측	L	200[μH]
	C	1[μF]
HPF 측	L	68[μH]
	C	1[μF]

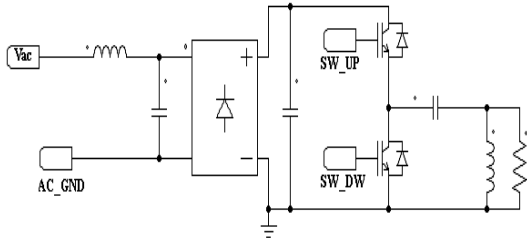


그림 3. 전역 통과 필터 시뮬레이션 회로도
Fig. 3 All Pass Filter Simulation Circuit

시뮬레이션 결과 그림 4와 같이 전압과 전류의 파형이 전역 통과 필터(APF)를 거쳐 크기는 거의 같고, 위상이 약 90도 정도 지연되었음을 알 수 있다.

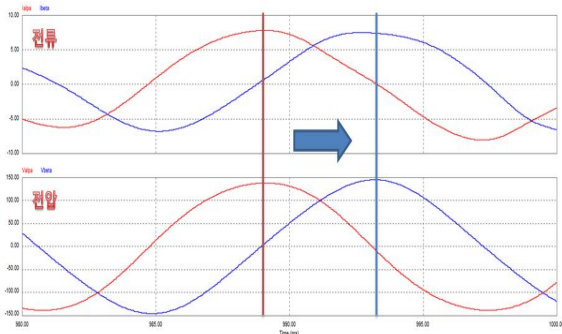


그림 4. 90도 위상 변화
Fig. 4 90_degree phase shifter

그림 5는 저역 통과 필터(LPF)를 이용하여 순시 유효 전력과 순시 무효 전력의 고조파 맥동 성분을 억제하여 전보다 보상되어졌음을 알 수 있다.

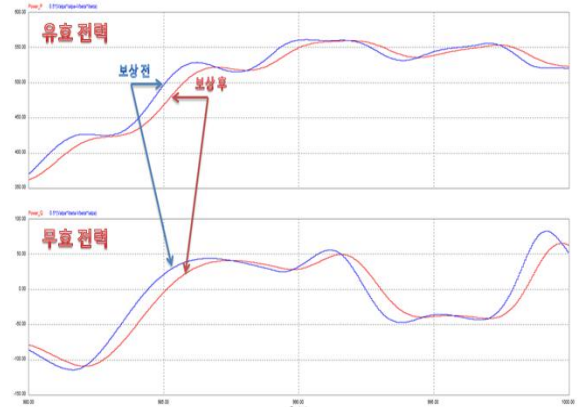


그림 5. 저역 통과 필터를 사용한 전력 보상
Fig. 5 Power compensation using a low pass filter

4. 결론

본 논문은 수동 소자 L과 C로 구성된 저역 통과 필터(LPF)와 고역 통과 필터(HPF)의 결합을 통하여 얻어진 전역 통과 필터(APF)를 사용하여, 필터의 전달 함수로부터 계산된 최대 전압과 d q 변환으로 얻어진 전류를 90도 위상 지연시키는 방법으로, 순시 유효 전력과 순시 무효 전력의 측정 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 저역 통과 필터(LPF)를 통하여 기본파의 위상 지연과 고조파 전류 외형에 영향을 미치는 순시 무효 전력을 보상하였고, 보상 전, 후의 유효 전력과 무효 전력을 비교하여, 필터를 거치지 않은 것보다 높은 효율성을 보임을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 이와 같이 유효 전력과 무효 전력을 제어하여 부하평준화를 이룬다면, 부하를 저하로 인한 발전 설비 증가를 억제하여 발전 설비 용량을 감소시키고, 나아가 전기 요금 개선을 바라볼 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 조한진, 이원철, 이상석, 이수원, 원충연, “전역통과필터를 이용한 ZVZCS PS FB DC/DC 컨버터의 제어”, 조명,전기설비학회논문지, 2010, pp. 152 159
- [2] 김웅상, 김지원, 김영철, “순시전력 제어 이론을 이용한 유/무효전력의 독립제어에 관한 연구”, 전기학회논문지, 1999, pp. 678 682
- [3] 임승원 저, “순시 유효,무효전력이론을 기반으로 하는 직렬형 능동전력필터의 새로운 제어법”, 인하대학교 학위논문, 2001.
- [4] 홍성민, 최중우, “배전용 정지형 보상기의 위상변이를 이용한 순시 유효/무효전력 보상”, 전력전자학술대회 논문집, 2010, pp. 468 469